

Prótese de mão fabricada por impressão 3D: resultados preliminares

Santos, Giovanna Zarpelon ^{*1}; Muniz, Laura Pardino²; Stoppa, Marcelo Henrique³; Foggiatto, José Aguiomar⁴

1 – Departamento de Mecânica, UTFPR, giovannazarpelon@alunos.utfpr.edu.br

2 – Departamento de Mecânica, UTFPR, lauramuniz@alunos.utfpr.edu.br

3 – Núcleo de Tecnologia Assistiva (NENA), UFCAT, mhstoppa@ufcat.edu.br

4 – Departamento de Mecânica, UTFPR, foggiatto@utfpr.edu.br

* Correspondência: NUFER/DAMEC/UTFPR-CT – Rua Deputado Heitor de Alencar Furtado, 5000, Sala EM-101, Ecoville, Curitiba, PR, Brasil, 81280340.

DOI 10.52050/9788579177149-26

RESUMO

A ausência ou perda de membros compromete significativamente a qualidade de vida, exigindo soluções mais acessíveis do que as já existentes. Este estudo teve como objetivo desenvolver uma prótese de mão de geometria similar a mão humana, visando baixo custo e fácil personalização. Foram utilizados programas de modelagem 3D e impressoras por extrusão de material para projetar, fabricar e montar os protótipos. Os resultados preliminares demonstraram boa funcionalidade mecânica e excelente viabilidade econômica da prótese. Conclui-se que a impressão 3D pode democratizar o acesso a dispositivos assistivos, promovendo avanços nas áreas da Engenharia, Design, Saúde, Educação e Tecnologia Assistiva.

Palavras-chave: Prótese, Mão, Impressão 3D.

ABSTRACT

The absence or loss of limbs significantly compromises quality of life, demanding more accessible solutions than those currently available. This study aimed to develop a hand prosthesis with geometry similar to that of the human hand, focusing on low cost and easy customization. 3D modeling software and material extrusion printers were used to design, manufacture, and assemble the prototypes. Preliminary results demonstrated good mechanical functionality and excellent economic feasibility of the prosthesis. It is concluded that 3D

printing can democratize access to assistive devices, promoting advancements in the fields of Engineering, Design, Health, Education, and Assistive Technology.

Keywords: Prosthesis, Hand, 3D Printing.

1. INTRODUÇÃO

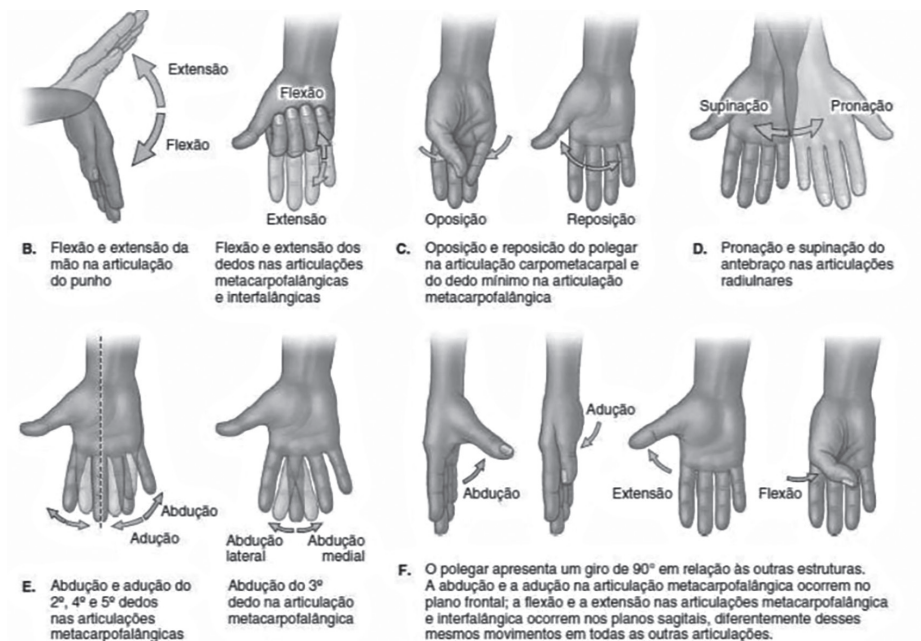
A perda de membros acarreta severas consequências funcionais, emocionais e sociais, comprometendo a independência e a qualidade de vida dos indivíduos afetados. Essa condição não implica apenas uma limitação física, mas também desencadeia um processo de ressignificação existencial, no qual o indivíduo é confrontado com novas formas de ser e estar no mundo. Nesse sentido, a tecnologia assistiva torna-se fundamental para promover o bem-estar e a reinserção em um novo contexto com maior qualidade de vida.

Enquanto o paciente não visualiza claramente as possibilidades que se apresentam, que requerem redimensionamentos, sofre pela falta de perspectivas e a dependência ganha amplitude na vivência. O amputado passa a preocupar-se com a dependência, vislumbrando-a como um futuro marcado por sofrimento. Dessa forma, torna-se evidente a importância do desenvolvimento harmônico do processo de reabilitação, pois reabilitar um paciente não é só devolvê-lo à sociedade como uma pessoa independente, apesar da deficiência. A reabilitação deve ser capaz de levar ao paciente perspectivas de um fazer cotidiano ideal, de um existir modificado, que permita manter a abertura ao mundo e às coisas (CHINI; BOEMER; 2007, p. 336).

Do ponto de vista funcional, a mão desempenha um papel essencial na autonomia do indivíduo, sendo fundamental para a realização de tarefas diárias. A mão humana é uma ferramenta extraordinária, capaz de realizar uma infinidade de ações graças à preensão, que é sua principal função, assim como afirmou Aristóteles, ela é “o instrumento dos instrumentos” (KAPANDJI, 2000).

Além disso, a mão humana, em estreita colaboração com o cérebro, forma um par funcional inseparável, no qual cada componente influencia e é influenciado pelo outro de maneira lógica e coordenada. Essa interdependência permite que o ser humano transforme o ambiente natural conforme seus propósitos, destacando-se das demais espécies viventes. Consequentemente, a ausência desse membro, seja por lesões traumáticas, tumores, complicações de doenças como o diabetes, insuficiência vascular ou malformações congênitas, acarreta impactos significativos na qualidade de vida e na independência funcional. Os movimentos da mão, que participam da maioria das atividades durante o dia, podem ser observados na Figura 1.

Figura 1 - Movimentos da mão



Fonte: Moore (2024)

No Brasil, embora não existam dados consolidados sobre o número total de pessoas amputadas ou com ausência congênita de membros, registros do Sistema Único de Saúde (SUS) indicam um crescimento significativo no número de amputações, especialmente de membros inferiores, tendo como grande causa a diabetes *mellitus* (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2016).

As próteses comercialmente disponíveis, em geral, apresentam alto custo e acesso limitado, o que restringe sua utilização por grande parte da população. Através de pesquisa de mercado, estima-se que o custo médio de uma prótese de mão é 10 mil reais, porém pode variar de mil reais, nas mais básicas, até 100 mil dólares em próteses complexas. Nesse cenário, a aplicação da manufatura aditiva (impressão 3D), configura-se como uma alternativa viável e promissora para o desenvolvimento de dispositivos assistivos de baixo custo e com elevado potencial de personalização, além de já ser validada em seu uso na reabilitação funcional, uma vez que já existem diversas aplicações, como por exemplo na criação de calçados ortopédicos personalizados (MENESES; ALVES; LOPES, 2016) e colheres adaptadas para pessoas com paralisia cerebral (SILVA et al., 2020, p. 183).

O presente estudo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de uma prótese de mão mecânica produzida por meio de impressão 3D, explorando seu potencial como solução acessível e multidisciplinar nas áreas da Engenharia, Design, Saúde, Educação e Tecnologia Assistiva. O objetivo de utilizar a manufatura aditiva é democratizar a tecnologia assistiva, tendo em vista seu reconhecimento como instrumento essencial para que pessoas com deficiência possam exercer plenamente as suas atividades cotidianas.

2. DESENVOLVIMENTO

Esse trabalho foi realizado utilizando como base uma prótese desenvolvida em 2015 e patenteada em 2018 (BR302018056021-3) que foi gerada a partir de uma tomografia computadorizada e objetivou dar uma aparência de mão humana à prótese. Dez anos depois, aproveitando a evolução das tecnologias de manufatura aditiva e da modelagem 3D, pretende-se dar continuidade a esse projeto iniciando com a modelagem paramétrica e adicionando mais funcionalidades à prótese, como automatizá-la numa parceria com o Núcleo de Tecnologia Assistiva (NENA) da Universidade Federal do Catalão.

a) Materiais utilizados

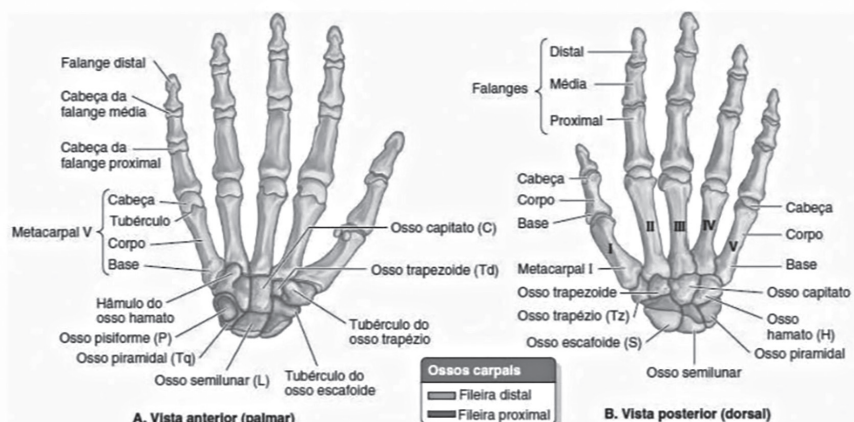
Para iniciar o desenvolvimento do protótipo, primeiramente foram selecionados os materiais a serem utilizados, que foram: PLA (ácido polilático), que é um filamento versátil, amplamente utilizado na tecnologia assistiva, mas relativamente frágil, não sendo recomendado para componentes que exigem alta resistência mecânica ou que fiquem expostos a temperaturas acima de 60°C (BESKO; BILYK; SIEBEN, 2017). Fio de nylon, com diâmetro de 0,8 mm, que se destaca pela alta resistência à tração e boa elasticidade, podendo ser tensionado sem romper e retornando ao estado original. Elástico cilíndrico, que também retorna ao estado original após tracionado, mas possui um módulo de elasticidade maior, o que permite maior deformação antes de voltar às dimensões normais.

b) Projeto e modelagem 3D

A modelagem paramétrica foi feita inteiramente no programa *Solidworks®*, e foi dividida em partes: punho (corpo da mão), dedos, segmento de pulso e tampa. Os dedos foram subdivididos entre as falanges distal, média e proximal, conforme a anatomia óssea da mão ilustrada na Figura 2 por Moore (2024).

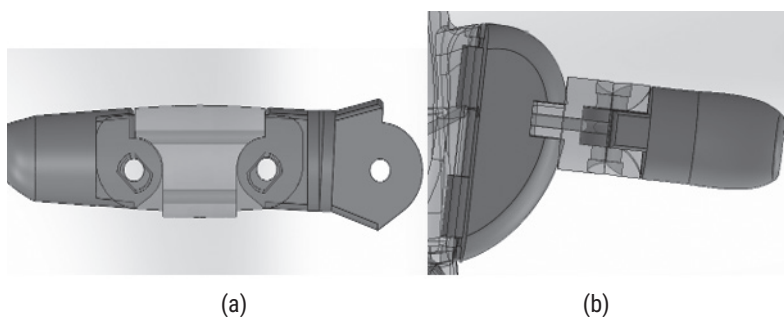
Tendo como base a anatomia óssea da mão, os dedos foram projetados com três falanges articuladas, conectadas por pinos que permitem movimentos de flexão e extensão. A articulação do polegar foi posicionada de forma a possibilitar a preensão em pinça, essencial para atividades diárias. As modelagens podem ser visualizadas na Figura 3.

Figura 2 - Ossos da mão direita



Fonte: Moore (2024)

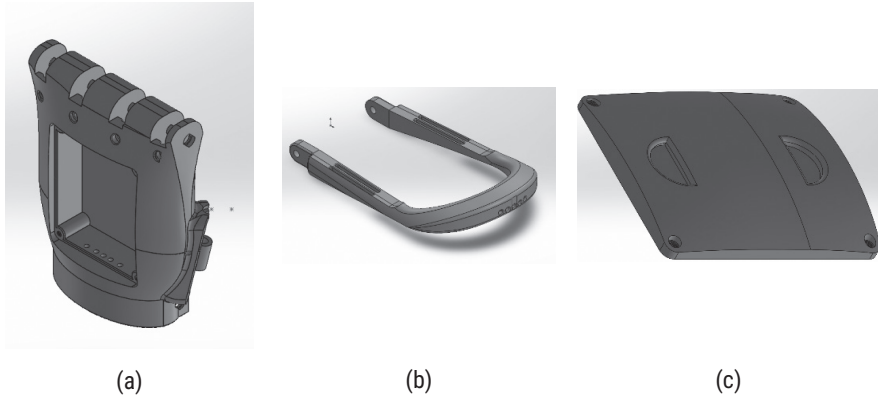
Figura 3 - modelagem dos dedos: Indicador (a) e polegar (b)



Fonte: O autor (2025)

Após a modelagem dos dedos, foi possível modelar a estrutura do punho, que unirá as falanges proximais e o pulso, permitindo a extensão e flexão. A modelagem do punho, do pulso e da tampa pode ser visualizada na Figura 4:

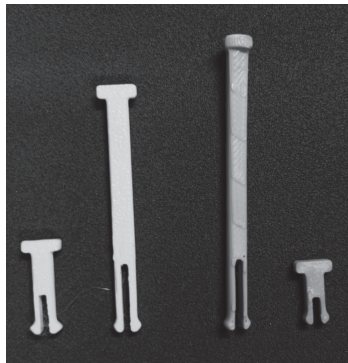
Figura 4 - Modelagem do punho (a), pulso (b) e tampa (c)



Fonte: O autor (2025)

Para unir as partes entre si, foram modelados quatro tipos de pinos: 9 do tipo A para unir as falanges entre si, 2 do tipo B para unir as falanges ao punho com comprimento maior, a fim de prender dois dedos por vez, 1 do tipo C para unir a articulação central do polegar ao punho, possuindo base completamente circular, e 2 do tipo D para unir o pulso ao punho, com o menor comprimento. Os pinos podem ser observados na Figura 5:

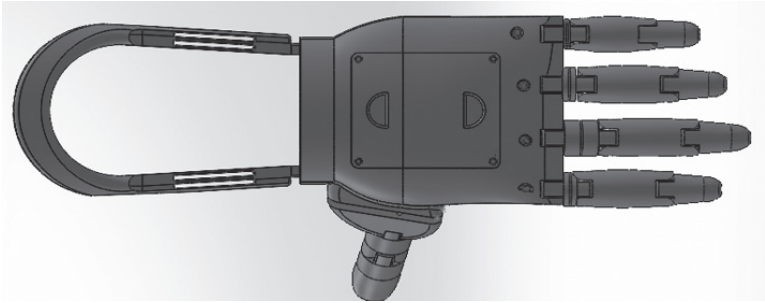
Figura 5 - Pinos A, B C e D



c) Montagem

A montagem foi feita usando o programa *Solidworks* para melhor análise e simulação do resultado, conforme pode ser observado na Figura 6:

Figura 6 - montagem completa no *Solidworks*



Após a análise da modelagem, foi feita a impressão dos componentes utilizando filamentos de PLA, com os parâmetros de impressão conforme a Tabela 1, tendo em vista que o preenchimento pode ser alterado conforme o projeto avançar. Foram utilizadas duas impressoras: a K1 Max (Creality Print) e a CarbonX1 (Bambu Lab.).

Para o funcionamento dos movimentos da mão, foram transpassados fios nos furos projetados desde as pontas dos dedos até a extremidade do pulso. Os fios elásticos foram amarrados nas pontas superiores das falanges distais e no início do punho, de forma que estivessem tensionados, a fim de manter os dedos esticados quando não houver forças aplicadas. Já os fios de nylon foram amarrados nas pontas inferiores das falanges distais, passando pela parte inferior das outras falanges e do punho até a extremidade do pulso, de forma tensionada, a fim de promover a flexão dos dedos quando o pulso realizar o movimento de flexão.

Tabela 1 - Parâmetros de impressão

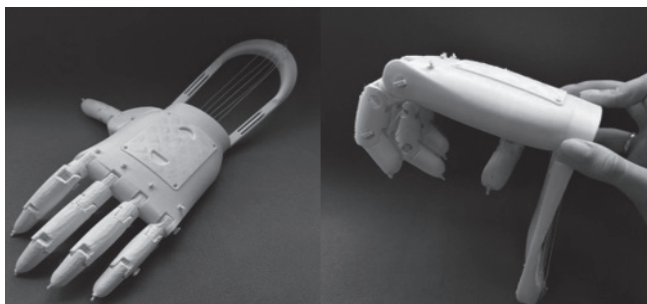
Material	PLA
Altura de camada - mm	0,08
Temperatura de extrusão - °C	220
Temperatura da mesa - °C	55
Velocidade do perímetro externo - mm/s	60
Velocidade do perímetro interno - mm/s	120
Preenchimento - %	15

No interior do punho foi deixado espaço para posteriormente serem colocados mecanismos eletrônicos para controlar os movimentos dos dedos numa versão que será implementada em parceria com a Universidade Federal de Catalão.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos até o momento permitiram boa amplitude de movimento de extensão e flexão dos dedos e do punho, mostrando que o sistema através de fios obteve bom funcionamento, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7 - prótese em repouso e flexionada



O custo médio da prótese considerando apenas o material utilizado foi de aproximadamente 21 reais (Tabela 2).

Tabela 2 - Custo do material

Material	Quantidade média	Preço médio
Filamento de PLA	180 g	R\$ 20,25
Elástico roliço	31,5 cm	R\$ 0,33
Nylon para pedreiro	160 cm	R\$ 0,14
Total:		R\$ 20,72

Os resultados obtidos permitem que o projeto avance para a próxima etapa, que é melhorar o posicionamento do polegar e desenvolver um sistema eletrônico para comandar os movimentos da prótese.

4. CONCLUSÕES

A manufatura aditiva é uma excelente alternativa para a personalização e redução dos custos de próteses, uma vez que esse meio de produção permitiu o desenvolvimento de uma prótese de mão com boa estética e funcionalidade por um preço muito menor do que as disponíveis no mercado.

O desenvolvimento de uma prótese impressa parecida com uma mão humana visa permitir que esse produto assistivo passe despercebido quando em uso e melhoramentos ainda serão realizados para se chegar ao máximo de similaridade.

Os principais desafios para o desenvolvimento da prótese são no quesito de similaridade com a anatomia e os movimentos, pois a mão humana possui movimentos e geometria extremamente complexos, exigindo detalhes minuciosos. Além disso, visando o baixo custo, os materiais podem não resistir longos anos de uso, o que é um ponto a ser examinado nos próximos passos do projeto.

Democratizar a tecnologia assistiva é fundamental, afinal assim é possível promover mais dignidade e inclusão às pessoas com limitações físicas, e que, devido a isso, acabam muitas vezes ficando à margem da sociedade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pelo apoio financeiro através do NAPI-TA (Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva) e ao CNPq pela bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora. Ainda, agradecemos aos colegas de iniciação científica e professores que auxiliaram no processo.

REFERÊNCIAS

BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P. G. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. *Revista Eletrônica dos Cursos de Engenharia*, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 12-14, 2017.

CHINI, G. C.; BOEMER, M. A amputação na percepção de quem a vivência: um estudo sob a ótica fenomenológica. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 15, n. 2, p. 330-336, mar./abr. 2007.

KAPANDJI, A.I. *Fisiologia Articular – Membro Superior*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

MENESES, A. D; ALVES, J. L.; LOPES, Lígia. Study of 3D printing potential in supporting the manufacturing process of shoes for people with cerebral palsy. *International Journal of Materials Engineering Innovation*, v. 7, n. 3/4, p. 184-199, 2016.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. *Anatomia orientada para a clínica*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2024.

SILVA, E. F; SILVA, L. M; DEON, V. G; TOSO, M. A. *Impressão 3D aplicada à tecnologia assistiva. Revista Destaques Acadêmicos*, Lajeado, v. 12, n. 4, p. 181-193, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). *Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes: 2015-2016*. São Paulo: AC Farmaceutica, 2016.